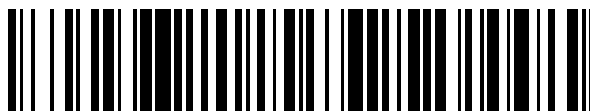


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 820 364**

51 Int. Cl.:

G01N 33/28 (2006.01)

F01M 11/10 (2006.01)

F16N 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2017** **PCT/EP2017/054166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017** **WO17144589**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2017** **E 17715049 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020** **EP 3420351**

54 Título: **Valoración del estado líquido para un sistema operacional de múltiples modos**

30 Prioridad:

23.02.2016 EP 16156939

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

20.04.2021

73 Titular/es:

C.C. JENSEN A/S (100.0%)
Løvholmen 13
5700 Svendborg, DK

72 Inventor/es:

HENNEBERG, MORTEN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 820 364 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Valoración del estado líquido para un sistema operacional de múltiples modos

Campo de la invención

5 Método y aparato para la valoración del estado líquido en un sistema de lubricación líquida para un sistema de trabajo capaz de funcionar en, al menos, dos modos de funcionamiento diferentes.

Descripción de la técnica anterior

10 Las piezas móviles mecánicas que trabajan conjuntamente, tal como engranajes, se lubrican para eliminar o reducir el desgaste del metal contra metal asegurando, por tanto, un tiempo de funcionamiento normal de la máquina y una posibilidad de previsión del funcionamiento y prolongando la vida útil de la máquina. En la técnica, un sistema de lubricación líquida suministra este líquido de lubricación, permitiendo la evaluación y la purificación del líquido, eliminando, por ejemplo, partículas de restos ocasionados por el desgaste generadas a medida que la máquina se desgasta a lo largo del tiempo.

15 Para evaluar el líquido, se colocan diversos sensores para evaluar diferentes aspectos de su estado, tal como partículas de restos ocasionados por el desgaste grandes y pequeñas, contenido de agua y degradación del líquido. A veces, estos datos de sensor se analizan entonces estadísticamente para producir una base para advertencias y detenciones del sistema, cuando el sistema atraviesa umbrales específicos históricamente determinados.

Se describe un sistema para monitorizar el estado del aceite que contiene una caja de engranajes en, por ejemplo, el documento EP2530367B1.

20 Sin embargo, puesto que las máquinas funcionan a diferentes capacidades para diversas situaciones, el estado líquido se ve afectado de manera diferente incluso dentro de los límites del funcionamiento normal y, por tanto, los técnicos tienen dificultad para valorar si un cambio en los datos de sensor líquido se inicia por un cambio en la intensidad de funcionamiento únicamente o si el sistema va a la deriva. A menudo, los colapsos y errores se inician por cambios en el funcionamiento que es problemático dado que, en el presente documento, se esperan cambios en los datos de sensor y, por tanto, puede ser muy difícil o imposible darse cuenta de un cambio diferente al cambio ideal hasta que ya se ha causado daño al sistema.

25 Por ejemplo, para partículas de restos, un gráfico lineal que representa un punto para los datos de sensor para cada segundo poblará un fenómeno de varias "islas", donde cualquier punto de datos es más propenso a estar en una isla que entre ellas. Algunas islas pueden coincidir y algunas pueden estar alejadas entre sí.

30 Los aumentos en la intensidad de funcionamiento producen, por ejemplo, picos en la generación de restos ocasionados por el desgaste y, en el presente documento, puede esperarse una derivación de valores previamente inferiores. Sin embargo, puede ser difícil valorar el aumento exacto previsto en partículas de restos ocasionados por el desgaste así como la duración que cuesta conseguir una nueva velocidad de generación de partículas de restos ocasionados por el desgaste estable. Dicho de otro modo, el tiempo que, idealmente, debería tardarse en alcanzar un equilibrio entre la generación y la filtración de partículas es, comúnmente, incomprensible incluso para un técnico cualificado. Esto se debe, en parte, a las muchas variables diversas que desempeñan una función, tales como pureza del filtro, antigüedad del sistema, antigüedad del líquido, intensidad de trabajo de la máquina, temperatura y así sucesivamente, ocultando derivas en las condiciones de funcionamiento que pueden producir efectos adversos a largo plazo tanto en el sistema de líquidos como en la propia máquina.

40 Además, cuando se producen errores o derivas desde un estado de, de otra manera, equilibrio y no durante un cambio en el funcionamiento como anteriormente, los modelos de la técnica necesitan abarcar las diferentes islas de datos que ocultan estas derivas.

45 En la técnica, para abarcar estas distribuciones de isla y mejorar la utilidad de datos de sensor recopilados, se emplean transformaciones estadísticas para alcanzar una distribución que parezca una distribución normal, más normalmente, usando una operación logarítmica. Idealmente, esto produce una distribución de tipo "lomos de camello", donde el valor medio está en un mínimo local rodeado por dos máximos generales correspondientes a dos islas y donde van disminuyendo entonces las probabilidades por debajo del mínimo y por encima del máximo de estos máximos. Sin embargo, mientras estas transformaciones mejoran la utilidad de los datos de sensor, estas no interpretan los datos respecto a sistemas de múltiples fases de forma precisa.

50 Para estos sistemas, los modelos pueden ocultar más de la mitad de todos los tipos de derivas previstos puesto que no se detecta una deriva desde una isla hacia otra hasta que ha pasado esta isla. Dicho de otro modo, reconocer las derivas hacia 'regiones intermedias' requiere considerablemente más tiempo. Cuantas más islas estén presentes para detectar un sistema, más generalizado es este problema puesto que las islas obtienen más 'islas vecinas' en cuya dirección es difícil entender los datos de sensor que van a la deriva.

El documento US 5646341 A describe un aparato de diagnóstico para un sistema de aceite de motor. Los fabricantes de motores modelan los valores previstos para cada tipo de motor en un entorno simulado y se presenta a los usuarios una comparación entre la presión de aceite prevista y real para hacer un diagnóstico del sistema. Sin embargo, esto no puede modelar con precisión el efecto de diferentes entornos, la variación entre diferentes motores del mismo tipo o el desgaste a lo largo del tiempo. Además y de manera importante, las aproximaciones conseguidas de ese modo tienen la desventaja de ser tan imprecisas fuera de determinadas condiciones de umbral que la comparación se vuelve inservible y el análisis del sistema tiene que detenerse.

Por las razones anteriormente indicadas, existe una necesidad de un método y aparato de valoración del estado del sistema de líquidos más precisos y robustos.

10 Sumario de la invención

Entonces, el objetivo de la presente invención es solucionar al menos alguno de los problemas anteriores.

Esto se obtiene mediante un método para la valoración del estado líquido en un sistema de lubricación líquida para un sistema de trabajo capaz de funcionar en, al menos, dos modos de funcionamiento diferentes, en el que dicha valoración del estado líquido comprende

- 15 - medir los datos de estado líquido monitorizados,
- determinar un modo de funcionamiento actual de dicho sistema de trabajo,
- basándose en dicho modo de funcionamiento actual, seleccionar un modelo matemático correspondiente a partir de una lista de al menos dos modelos matemáticos,
- modelar los datos de estado líquido simulados correspondientes basándose en dicho modelo matemático,
- 20 - valorar el estado líquido comparando los datos de estado líquido monitorizados con dichos datos de estado líquido simulados proporcionando, de ese modo, un conjunto de datos distribuidos de forma considerablemente normal para dicha valoración del estado líquido.

De ese modo, pueden identificarse cambios en el valor y las derivas medidos con su media y su variación y compararse con valores previstos. Esto puede determinarse de manera individual para cualquier situación operacional pese a las condiciones cambiantes. Esto permite un análisis detallado del estado del sistema así como de cualquier deriva del sistema que pueda esconderse de sistemas de sensor convencionales mostrándose solo como una variación o media cambiada.

- 25 Por datos de estado líquido monitorizados se entiende datos de sensor pertinentes referentes al estado del líquido del sistema de lubricación líquida. Por tanto, el término datos de estado líquido monitorizados abarca partículas de restos ocasionados por el desgaste, degradación de líquido, contenido de agua, contenido de aire, temperatura y presión. Estos tipos de sensores diferentes también se denominan, colectivamente, parámetros.

- 30 Estos parámetros son normalmente variables dependientes, pero pueden, en determinadas circunstancias, actuar como variables independientes. Puede haber varias variables independientes y/o dependientes para diferentes modelos matemáticos. Por ejemplo, un primer parámetro que es en un modelo una variable dependiente de un segundo parámetro puede ser, en otro modelo, la variable independiente y el segundo parámetro puede ser entonces una variable dependiente.

- 35 Por modelo matemático se entiende una fórmula. Según la invención, se ha demostrado que, en lugar de usar una única fórmula para predecir el rendimiento del sistema, puede usarse una variedad de fórmulas aumentando así la precisión. Esto es importante, cuando las funciones polinómicas simples no modelan todo el intervalo de funcionamiento de manera satisfactoria que es normalmente el caso, por ejemplo, para un motor.

- 40 Al modelar datos de sensor previstos, así como al monitorizarlos, pueden identificarse discrepancias entre ellos. Además, usando diferentes fórmulas para diferentes modos de funcionamiento, pueden hacerse predicciones muy precisas incluso para modos de funcionamiento atípicos ampliando por tanto la comprensión del sistema y aumentando, de ese modo, la estabilidad de funcionamiento. Por ejemplo, la generación de partículas de restos ocasionados por el desgaste puede depender de manera compleja, no polinómica de la velocidad y el tiempo de funcionamiento.

- 45 Por modo de funcionamiento se entiende la situación en la que el sistema funciona principalmente en relación con la intensidad del trabajo que la máquina lleva a cabo. Por ejemplo, un aspecto del modo de funcionamiento es si el sistema de trabajo está encendido o apagado. En una realización de la invención, el modo de funcionamiento se refiere a la intensidad de trabajo realizado por el sistema de trabajo, tal como si trabaja al 30 % de capacidad o al 90 % de capacidad. Además, también pueden constar otros factores en relación con el funcionamiento del sistema de líquidos en el modo de funcionamiento, tal como temperatura exterior, presión y así sucesivamente.

Por sistema de trabajo se entiende un sistema que comprende piezas móviles que necesitan trabajar en conjunto y en el que no se desea contacto entre las piezas móviles.

Ejemplos de sistemas de trabajo puede ser maquinaria, donde se usa el líquido para lubricación y/o transmisión de potencia, por ejemplo, a bordo de buques u otras instalaciones fuera de costa, en sistemas de turbina eólica, en sistemas de planta de generación eléctrica y muchas otras maquinarias industriales que se caracterizan por cambios frecuentes en el modo de funcionamiento.

- 5 En una realización, el sistema de trabajo son engranajes como parte de un motor. En una realización preferida adicional, el sistema de trabajo se sitúa a bordo de un buque.

Un sistema de trabajo podría, por ejemplo, ser también otros sistemas de trabajo con un cambio frecuente en el modo de funcionamiento, tal como sistemas de turbina eólica o un sistema de planta de generación eléctrica.

- 10 Por evaluación se entiende una comparación normalmente entre un valor modelado y un valor medido del mismo parámetro, donde esta evaluación puede, simplemente, adoptar la forma de resta en algunos casos. De ese modo, el resultado es un valor normalizado, en el que cualquier derivación de cero constituye una derivación de lo previsto. Esto permite hacer un mejor diagnóstico de las operaciones. En otras realizaciones de la invención, la evaluación puede ser más complicada que la resta. Por ejemplo, pueden adaptarse cálculos para compensar diferencias en la variación, de manera que se abarcan diferentes variaciones para diferentes modos de funcionamiento. Esto puede ser beneficioso cuando los valores de sensor modelados difieren considerablemente entre dos modos de funcionamiento. O bien la variación en los dos modos es numéricamente similar, difiriendo por tanto como un porcentaje de sus valores, o sus variaciones son similares respecto al porcentaje y difieren de manera numérica, lo que puede abarcarse con la presente invención.

- 15 Al realizar el método descrito anteriormente, se tienen en cuenta modos de funcionamiento, a través de los cuales pueden normalizarse datos que permiten, por tanto, que emerjan datos con valores y variaciones medios útiles, lo que permite un análisis preciso de datos de sensor, cuando cualquier cambio en los parámetros detectados puede categorizarse rápidamente como favorable o perjudicial.

- 20 Adicionalmente, esto permite crear modelos, no solo para las fases operacionales, sino también para el cambio entre fases operacionales que permite valorar si los cambios en la intensidad de funcionamiento se reflejan como predichos por los datos de sensor, o si se produce una deriva. Por ejemplo, en una intensidad de funcionamiento decreciente, los restos ocasionados por el desgaste pueden tardar una cantidad desorbitada de tiempo en instalarse en un equilibrio inferior que puede señalar a un filtro obstruido o ineficaz. En una intensidad de funcionamiento ascendente, la temperatura puede aumentar más de lo previsto o más rápido de lo previsto, lo que probablemente señala que la calidad de la lubricación desciende.

- 25 En una realización de la invención, los datos de estado líquido monitorizados comprenden al menos lecturas de partículas de restos ocasionados por el desgaste así como modos de funcionamiento. Las partículas de restos ocasionados por el desgaste son un parámetro importante del estado líquido.

- 30 En una realización de la invención, los datos de estado líquido monitorizados comprenden, al menos, lecturas de degradación de líquido, lecturas de temperatura, lecturas de presión, lecturas de contenido de aire o lecturas de humedad. Estos parámetros adicionales describen diferentes aspectos del estado líquido haciendo que cada parámetro medido adicional sea útil.

- 35 En una realización de la invención, el líquido es un producto de aceite. El aceite es un lubricante común y mediante el uso de aceite puede mantenerse el estado de las piezas móviles durante mucho tiempo. Por producto de aceite se entiende cualquier tipo de aceite y cualquier producto compuesto que comprende aceite, siendo un producto de aceite de este tipo, normalmente, de manera predominante, aceite con aditivos para aumentar los efectos deseados, tales como la lubricidad o la durabilidad.

- 40 En una realización de la invención, los al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprenden el sistema de trabajo que está apagado y que está encendido. Para ambos modos de sistema, todavía puede funcionar un sistema de filtración desconectado y, por tanto, el sistema de trabajo que está apagado da como resultado un líquido sustancialmente purificado. De esta manera, la mayor diferencia en su efecto en el estado líquido de los modos de funcionamiento es si el sistema de trabajo funciona o no.

En una realización de la invención, al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprenden el sistema de trabajo que está encendido. El sistema de trabajo puede trabajar a diferentes intensidades que pueden modelarse usando un método según la presente invención.

- 45 En una realización, el sistema de lubricación líquida es para un sistema de trabajo en un buque. En buques, la estabilidad de funcionamiento es especialmente importante ya que si el equipamiento o una sola maquinaria fundamental deja de funcionar, todo el buque se avería provocando averías extremadamente caras.

Además, la invención se refiere a un aparato para realizar cualquiera de las funciones anteriormente mencionadas.

Lista de figuras

La figura 1 ilustra una vista esquemática de un sistema de lubricación líquida,
la figura 2 es una vista esquemática de modos de funcionamiento de un sistema,
la figura 3 es una vista gráfica de restos ocasionados por el desgaste modelados,
las figuras 4A a C son vistas gráficas de comparación de datos según la presente invención,
5 la figura 5 ilustra un flujo de control según la presente invención,
la figura 6 ilustra gráficas de un método según la técnica,
las figuras 7A a C ilustran la aproximación a diagnósticos de sistema según la técnica anterior.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

A continuación, se describirán adicionalmente realizaciones de la invención.

10 La figura 1 ilustra un sistema de lubricación líquida 100 para lubricar una máquina 123. El sistema comprende un sistema de lubricación en línea que comprende un filtro en línea 122 y una bomba en línea 121, donde la bomba en línea drena líquido de lubricación 125 desde un depósito 124 a las piezas móviles de la máquina, tal como engranajes, lubricándolas por tanto. Esto asegura que las piezas de la máquina se mueven de manera eficaz para el funcionamiento cuando el filtro en línea asegura que no entran partículas de restos grandes en las piezas móviles. La máquina genera partículas de
15 restos ocasionados por el desgaste que se transportan al depósito de líquido.

El sistema comprende además un sistema desconectado que comprende una bomba desconectada 111 y un filtro desconectado 113, donde la bomba desconectada drena líquido de lubricación contaminado, normalmente desde la parte inferior del depósito, donde está más contaminado, a través del filtro desconectado, y devuelve líquido purificado al depósito. El filtro desconectado es, normalmente, más eficiente que el filtro en línea, trabaja a velocidades de líquido
20 inferiores y se adapta para filtrar partículas más pequeñas que el filtro en línea que, a su vez, no necesita ejercer demasiada resistencia en el flujo del líquido. Además, se coloca convenientemente un sensor de parámetros 112 en algún lugar en el sistema a lo largo de la tubería desconectada.

El sistema de lubricación funciona en al menos dos modos, es decir, con la máquina encendida y apagada. Este puede funcionar en aún más modos, tal como una variedad de subconjuntos que se encienden, por ejemplo, proporcionando
25 una ráfaga de energía en el arranque. Este puede trabajar según una variedad de intensidades, tal como cualquiera entre cero y cien por ciento de la capacidad de la máquina. Pueden imaginarse diversos modos para producir diferentes cantidades de restos ocasionados por el desgaste y producir de otras formas diferentes señales de sensor previstas o, dicho de otro modo, tener diferentes valores y variaciones medios para estas señales.

Cuando se apaga la máquina, el sistema desconectado todavía puede funcionar para purificar el líquido alcanzando, por tanto, cantidades inferiores de restos ocasionados por el desgaste que durante el funcionamiento ya que durante el funcionamiento de la máquina, la máquina produce un flujo constante de restos ocasionados por el desgaste y lo libera en el depósito.

A pesar de que la realización de la invención descrita se refiere a restos ocasionados por el desgaste, los parámetros detectados pueden ser cualquier parámetro que describe el estado líquido, convenientemente al menos restos ocasionados por el desgaste, pero también puede constar, de manera principal o única, de degradación del líquido. Adicionalmente, puede usarse una multitud de parámetros, tal como degradación de líquido, temperatura, presión, contenido de agua y contenido de aire. El sensor 112 que monitoriza el estado líquido puede colocarse en cualquier lugar dentro del sistema tal como aguas arriba del filtro desconectado o convenientemente aguas abajo de este filtro desconectado. Puesto que el filtro desconectado está, convenientemente, en funcionamiento siempre o sustancialmente
35 siempre, colocar el sensor aquí permite el suministro constante de datos de sensor si bien la colocación no tiene consecuencias para la propia invención.

La figura 2 ilustra los elementos del sistema de lubricación 200, donde se identifican elementos de dos modos de funcionamiento diferentes del sistema. Los modos operacionales se corresponden con, al menos, un modo de funcionamiento pasivo 201 y un modo de funcionamiento activo 202, donde la máquina se apaga en el modo de funcionamiento pasivo, y solo el sistema desconectado está activo y la máquina se enciende en el modo de funcionamiento activo y el sistema en línea también está activo. Esto produce dos situaciones diferentes. Puesto que en el modo de funcionamiento pasivo no se generan partículas de restos ocasionados por el desgaste, la filtración realizada por el filtro desconectado purifica de manera sustancial el líquido. En el modo de funcionamiento activo, la máquina genera de manera continua restos ocasionados por el desgaste en el líquido que se purifica continuamente por los filtros desconectado y en línea. A lo largo del tiempo, se consigue entonces un equilibrio dependiendo de la eficiencia de los dos filtros 113, 122 y del grado de partículas ocasionadas por el desgaste liberadas desde la máquina 123.
45
50

Para cada situación diferente 201, 202, un modelo matemático específico para ese modo de funcionamiento describe datos de parámetros previstos. Se revela que, por ejemplo, un valor medido que puede parecer, de lo contrario, dentro de

los límites daña el sistema, tal como una cantidad excesivamente grande de restos ocasionados por el desgaste durante el modo de funcionamiento pasivo que puede, como un ejemplo, provocarse por filtros ineficaces o rotos.

El modelo matemático de modos de funcionamiento mostrado en la figura 2 se esquematiza, de manera específica, para restos ocasionados por el desgaste si bien, según la presente invención, pueden desarrollarse otros modelos para otros conjuntos de datos de sensor. Estos modelos necesitan tener en cuenta qué factores son importantes para los estados de sus valores. Por ejemplo, los filtros no son, posiblemente, importantes para la temperatura, mientras los filtros pueden afectar a la presión (si bien no a través de eficiencia de filtración sino de resistencia al flujo). Incluso los parámetros exteriores, tal como la temperatura del entorno, pueden ser importantes para modelar el comportamiento del sistema previsto de manera eficaz.

En la figura 2, solo se identifican 201, 202 dos modos de funcionamiento diferentes. Sin embargo, dependiendo de la intensidad de funcionamiento, el modo activo 202 puede variar considerablemente y, por lo tanto, puede subdividirse en más modos de funcionamiento matizados, cada uno de los cuales tendrá entonces su propio modelo matemático.

La figura 3 es una vista gráfica de los restos ocasionados por el desgaste modelados 320 como una variable del modo de funcionamiento actual 310. En un momento dado, la intensidad de funcionamiento 310 adopta un valor. En la realización de la invención más sencilla, la intensidad de funcionamiento puede adoptar dos valores diferentes, por ejemplo, los valores del modo pasivo 201 o modo activo 202, si bien en la realización según la figura 3, un tercer modo también es posible, es decir, el modo ráfaga 202'. En modo ráfaga, la máquina está activa como en el modo activo 202 y, además, la máquina funciona a una intensidad más alta. A menudo, se usa este modo para arrancar el sistema, para conseguir rápidamente un impulso que puede mantener entonces una intensidad inferior. Esto es, por ejemplo, útil para hélices en buques, donde es difícil iniciar un movimiento de un cuerpo en el agua, mientras que mantenerlo es, en comparación, más fácil.

Dependiendo de la intensidad de funcionamiento actual, pueden esperarse diversas mediciones de restos ocasionados por el desgaste. En la realización según la figura 3, las mediciones previstas a largo plazo no son, sustancialmente, partículas ocasionadas por el desgaste 321 correspondientes a un modo pasivo 201; un recuento de partículas ocasionadas por el desgaste normal 322 correspondiente a un modo activo 202; y un recuento de partículas ocasionadas por el desgaste alto 322' correspondiente a un modo ráfaga 202'.

Debido a que el sistema requiere tiempo para ajustarse a los nuevos modos de funcionamiento, las lecturas de sensor anteriores también son importantes para determinar las medidas que pueden esperarse a medida que los restos ocasionados por el desgaste modelados 320 se desarrollan hacia los equilibrios correspondiente a recuentos de partículas 321, 322 y 322'. Por tanto, puede esperarse un determinado retraso de retroalimentación y, por tanto, se necesitan ecuaciones diferenciales para determinar las trayectorias de datos del sensor del sistema.

Esto se ilustra mediante las líneas curvas de restos ocasionados por el desgaste modelados 320. En un primer cambio de modo de funcionamiento 311, el modo de funcionamiento actual 310 se cambia desde un modo activo 202 hasta un modo pasivo 201 al instante, en el que la máquina se apaga. Las lecturas de parámetros previstas van disminuyendo entonces desde el recuento de partículas ocasionadas por el desgaste normal 322 hasta sustancialmente ninguna partícula ocasionada por el desgaste 321 a medida que los filtros filtran cada vez más partículas de restos ocasionados por el desgaste, pero de manera cada vez más lenta dado que hay aún más distancia entre las partículas.

Cuando se produce un segundo cambio de modo de funcionamiento 311', las mediciones de partículas ocasionadas por el desgaste previstas se aproximan a un recuento de partículas alto 322', donde la densidad de partículas es tan alta que los filtros eliminan partículas igualando el número añadido por el desgaste de la máquina. Estos cambios en el modo de funcionamiento actual 310 y su correspondiente cambio de retraso a restos ocasionados por el desgaste modelados 320 continúan a lo largo del tiempo.

Las variables y constantes necesarias para que estas fórmulas funcionen pueden determinarse históricamente desde el sistema durante una fase de ejecución y/o basándose en valores previstos, tal como usando hojas de datos de componentes relevantes y/o usando valores de referencia desde otros sistemas similares.

Puede adaptarse el modelo de sistema 200 durante y después del uso para aumentar su precisión. Por ejemplo, esto puede hacerse, o bien incluyendo nuevas variables o constantes, o bien calibrando los valores de estas y/o eliminando variables y constantes. También puede hacerse incluyendo nuevas fórmulas para nuevos modos de funcionamiento. Por ejemplo, un modelo de sistema 200 puede comprender inicialmente dos fórmulas en relación con dos modos de funcionamiento. Al poco tiempo, puede incluirse una nueva fórmula en el modelo de sistema que puede constituir otra intensidad de trabajo de la máquina, a través de la cual el modelo de sistema comprende tres fórmulas y, por tanto, aumenta su precisión.

En una realización de la invención, puede derivarse una variedad de intensidades de trabajo a partir de un conjunto inicial de intensidades de trabajo a partir del cual pueden desarrollarse una serie de fórmulas para el modelo de sistema 200. Por ejemplo, un sistema puede funcionar al 30 % de capacidad de la máquina y al 90 % de capacidad de la máquina la mayor parte del tiempo con pequeños periodos de tiempo que funcionan en cualquier punto en medio de estos, tal como al 45 % o al 60 %. Al comparar valores de constantes y variables en dos o más intensidades de trabajo, pueden desarrollarse funciones para variables y constantes cuyos valores dependen de la intensidad de trabajo. Por ejemplo, la

generación de restos ocasionados por el desgaste en la máquina puede adoptar un valor al 30 % de intensidad de trabajo y un valor superior al 90 % de intensidad de trabajo. Al comparar el valor en dos o más puntos, pueden extrapolarse variables y constantes para valores intermedios y pueden desarrollarse fórmulas para cualquier intensidad en medio de dos o más intensidades de trabajo iniciales. En otra realización de la invención, puede realizarse la estimación de valores constantes y variables según cualquier tipo de función, tal como una función de potencia o una función logarítmica, comparando al menos dos y, convenientemente, al menos tres intensidades de trabajo.

A pesar de que los movimientos entre estados constantes (estados en equilibrio) no son lineales, estos son matemáticamente determinísticos, lo que significa que pueden calcularse y que las derivaciones sistémicas a partir de estas curvas significan derivas de sistema que pueden identificarse entonces según la presente invención. Por tanto, pueden discernirse derivas de sistema incluso durante cambios.

La figura 4 ilustra una correlación gráfica entre datos detectados y datos modelados.

La figura 4A ilustra un gráfico que contiene tanto restos ocasionados por el desgaste modelados 320 como datos de estado líquido monitorizados 401. Tal como puede observarse, es posible un ajuste cuando los datos monitorizados oscilan alrededor de los datos previstos.

La figura 4B ilustra un conjunto de datos normalizados basándose en la resta de restos ocasionados por el desgaste modelados 320 y datos de estado líquido monitorizados 401. De esta manera, se hace una compensación para diferentes modos de funcionamiento, a través de la cual emergen datos de medición normalizados 402. Los datos de medición normalizados 402 tienen un valor medio único 403 y una variación. Por tanto, al obtener un conjunto de datos con un valor medio y una variación para el sistema, puede valorarse con precisión el rendimiento de funcionamiento.

Esto permite una evaluación sensible de los cambios en los parámetros del estado del sistema monitorizados, en la que se evalúa cualquier cambio frente a su valor y tendencia previstos.

La figura 4C ilustra un conjunto de datos distribuidos de manera normal y resultantes considerablemente (404), donde se han usado datos de medición normalizados 402.

Debido a que se puede confiar en mayor grado en los datos de sensor, no solo pueden identificarse fácilmente errores, sino también derivas sistémicas. Cuando el sistema alcanza reiteradamente valores no previstos, puede significar un desgaste del sistema. Por ejemplo, el contenido de agua puede aumentar ligera pero inevitablemente, o los acontecimientos que provocan un aumento importante en el contenido de agua pueden volverse más comunes a lo largo del tiempo. Estos representan cambios en el valor medio y la variación, respectivamente.

Basándose en estos patrones de desgaste identificados con precisión, la vida útil del sistema puede proyectarse de manera precisa, especialmente cuando se ha monitorizado una vida útil del sistema anterior con la que se puede comparar el sistema.

La figura 5 es un flujo de datos según la presente invención. Las cajas con forma de cilindro representan depósitos de datos, mientras que las cajas rectangulares representan procedimientos, siendo las líneas flujos de datos. Los datos pueden estar pensados para almacenarse en una base de datos central o en bases de datos distribuidas entre las usadas para los procedimientos según la invención.

Se adaptan uno o más sensores 112 en el sistema para la medición de sistemas 501. La medición de sistemas puede comprender una variedad de sensores y una variedad de colocaciones dentro del sistema, y la medición de sistemas se realiza de manera continua. En una realización, los datos de estado líquido monitorizados resultantes 401 se transmiten de manera continua, donde de manera continua significa que los datos se transmiten, al menos, una vez por minuto, preferiblemente al menos una vez cada diez segundos. En una realización, es importante que el sistema transmita valores en cambios del modo de funcionamiento. Adicionalmente, la detección del sistema también comprende determinar el modo de funcionamiento actual 310.

Por uso del modelo 502, el modelo de sistema 200 se usa para identificar el modelo matemático correcto que usar para calcular datos de parámetros y realizar después los cálculos pertinentes. En una realización de la invención, el modelo de sistema comprende una lista de fórmulas. En una realización de la invención, se desarrolla una fórmula para cada modo de funcionamiento.

En otra realización, el uso del modelo 502 comprende comprobar una serie de parámetros en la determinación de la fórmula más adecuada de la que puede ser el modo de funcionamiento 310. Otros factores, tales como datos de estado líquido monitorizados, también pueden desempeñar una función. Por ejemplo, con un alto nivel de aire dentro del sistema, la presión puede comportarse de manera muy diferente, iniciando por tanto el uso de una fórmula adaptada para una situación de este tipo en caso de que la presión sea el parámetro modelado. El modelo de sistema debería adaptarse de manera óptima de modo que se identifique exactamente una fórmula para cualquier situación dada o, de manera alternativa, de modo que se clasifiquen según el ajuste, en el que puede seleccionarse el mejor ajuste. Convenientemente, se realiza electrónicamente a través de un algoritmo la identificación de la fórmula más adaptada. Dado que el sistema es susceptible al tiempo, los valores anteriores desempeñan una función y las ecuaciones diferenciales son útiles en el modelo de sistema 200.

Cuando se identifica una fórmula adecuada, se usan los datos de estado líquido monitorizados anteriormente recopilados 401 u otra fuente de datos adecuada como un valor base. Entonces, se deduce la fórmula identificada y de ahí resulta una lectura del sensor prevista.

5 Se realiza entonces la normalización de medición 503 basándose en datos de estado líquido monitorizados 401. Los restos ocasionados por el desgaste modelados 320 que resultan de los cálculos del modelo se comparan con los datos de estado líquido monitorizados de desgaste 401 y puede identificarse cualquier dato de medición normalizado 402 de manera precisa.

10 Esta comparación puede comprender simplemente la resta de los restos ocasionados por el desgaste modelados de los restos ocasionados por el desgaste detectados. Sin embargo, también pueden realizarse normalizaciones más refinadas. Una normalización más refinada de este tipo puede tener en cuenta diferentes variaciones para diferentes modos de funcionamiento. Por ejemplo, los modos de funcionamiento con valores previstos más altos pueden tener variaciones previstas más altas que se tienen en cuenta en la presente invención.

15 Por tanto, al identificar datos de medición normalizados 402, el técnico puede valorar si los cambios en el modo de funcionamiento muestran derivas de sistema o si los cambios ocurren según el modelo. A lo largo del tiempo, también pueden definirse derivas en los equilibrios.

20 Basándose en un periodo de datos de medición normalizados recopilados 402, se desarrollan datos de referencia del sistema 512 basándose en los cuales pueden valorarse los datos de sensor normalizados posteriormente. Estos datos de referencia 512 se desarrollan a lo largo de un periodo de tiempo dado. No es fundamental para la invención que el propio periodo sea de una longitud dada a pesar de que un periodo más largo suministra datos más precisos. El periodo no debería ser demasiado largo tampoco dado que el sistema se desgasta de manera continua, por lo que un periodo de referencia demasiado largo puede ser, realmente, más impreciso que uno más corto. Convenientemente, puede usarse una semana, un mes o un año para desarrollar los datos de referencia si bien cuando se implementa un sistema de monitorización según la invención por primera vez, pueden usarse periodos más cortos para desarrollar datos de referencia de arranque, tal como una hora o un día.

25 En una realización de la invención, los datos de referencia se calibran de manera continua o regular para reflejar cambios en el rendimiento del sistema, tal como reflejando el desgaste del sistema. Por ejemplo, sistemas de líquido más antiguos pueden ser más susceptibles al calor, por lo que ligeros cambios en la intensidad de funcionamiento producen un líquido caliente que puede descender la viscosidad perjudicialmente, aumentando por tanto el desgaste del metal contra metal y produciendo partículas de restos ocasionados por el desgaste. Los datos de referencia del sistema 512 se actualizan entonces convenientemente para mostrar el efecto perjudicial de cambios en el sistema anteriormente favorables. Estas calibraciones también se refieren al propio modelo así como a sus variables y constantes, que pueden cambiar a lo largo del tiempo.

Los datos de referencia 512 tienen en cuenta, al menos, los datos de medición normalizados 402.

35 Debido a que los datos de estado líquido monitorizados se normalizan mediante el modelo antes de adaptarse a los datos de referencia, se preparan sustancialmente para distribuirse en función de la probabilidad. Un objetivo central de la invención es mejorar la comprensión del sistema por parte del técnico y, por tanto, es útil distribuir en función de la probabilidad los datos de medición normalizados 402.

40 Al distribuir en función de la probabilidad los datos de referencia, pueden contextualizarse lecturas posteriores, por lo que el técnico no solo puede valorar si se espera una señal dada o no, también puede valorar lo improbable que es cualquier lectura actual dada. Entonces, se realiza una evaluación del estado del sistema 504, donde se compara una lectura de datos de medición normalizados actuales 402 con datos de referencia del sistema 512. Esto permite que el técnico vea la situación actual en vista de situaciones anteriores similares.

45 En una realización de la invención, no solo se compara un único valor de señal con los datos de referencia del sistema, sino que se compara una serie de las últimas lecturas de señal consecutivas con los datos de referencia del sistema. Esto permite que se identifiquen trayectorias de funcionamiento perjudiciales mientras que todavía está dentro del funcionamiento normal.

Basándose en la evaluación del sistema, se transmite una señal que describe el estado del sistema y que se adapta para proporcionar advertencias. Esta puede adaptarse para proporcionar advertencias tempranas.

50 Aunque la realización descrita se adapta para referirse solo a partículas de restos ocasionados por el desgaste, esto se realiza con fines de comunicación ya que puede monitorizarse cualquier parámetro de un líquido de lubricación o un sistema de lubricación líquida según la presente invención, tal como degradación de líquido, temperatura, presión, contenido de agua, contenido de aire, parámetros en relación con el funcionamiento del sistema tal como potencia y así sucesivamente.

55 La figura 6 ilustra las etapas involucradas en el uso del modelo 502. Se introducen datos de estado líquido monitorizados 401 en el procedimiento, donde también se usa al menos el modo de funcionamiento actual 310.

Convenientemente, se usa al menos el modo de funcionamiento actual 310 para seleccionar los modelos matemáticos más adecuados 602, 602', 602". También pueden usarse otros datos en este procedimiento, tal como determinados datos de estado líquido monitorizados 401. Por ejemplo, un contenido de aire suficientemente alto en el sistema puede producir un comportamiento drásticamente diferente para determinados parámetros, tal como la presión. El modelo de sistema comprende al menos dos modelos matemáticos y puede comprender cualquier número de modelos matemáticos 602, 602' ... 602^N.

Después de que se haya seleccionado el modelo matemático más adecuado, se insertan parámetros pertinentes en el modelo, tras lo cual se realiza la resolución del modelo 603 produciendo, por tanto, datos de estado líquido simulados 320.

La figura 7 ilustra la aproximación a diagnósticos del sistema según la técnica y se ha incluido en el presente documento con propósitos comunicativos.

La figura 7A ilustra los datos sin procesar disponibles para el análisis, los datos de estado líquido monitorizados 401, así como su valor medio 701. Para datos sistemáticamente asimétricos, como datos de estado líquido monitorizados 401, pueden producirse fácilmente derivas de sistema dentro de los umbrales del funcionamiento normal sin ser evidentes.

Los aumentos en la intensidad de funcionamiento producen, por ejemplo, picos en la generación de restos ocasionados por el desgaste y, en el presente documento, puede esperarse una derivación de valores previamente inferiores. Sin embargo, puede ser difícil valorar el aumento exacto previsto en partículas de restos ocasionados por el desgaste así como la duración que cuesta conseguir una nueva velocidad de generación de partículas de restos ocasionados por el desgaste estable. Dicho de otro modo, el tiempo que, idealmente, debería tardarse en alcanzar un equilibrio entre la generación y la filtración de partículas es, comúnmente, incomprensible incluso para un técnico cualificado. Esto se debe, en parte, a las diversas variables que desempeñan una función, tal como pureza del filtro, antigüedad del sistema, antigüedad del líquido, intensidad de trabajo de la máquina, temperatura y así sucesivamente. Esto oculta derivas en las condiciones de funcionamiento que pueden producir efectos adversos a largo plazo tanto en el sistema de líquidos como en la propia máquina.

La figura 7B ilustra una distribución en función de la probabilidad 702 que puede describir una distribución sobre datos de estado líquido monitorizados. Debido a que no se tiene en cuenta el contexto de las lecturas, no puede identificarse con facilidad una deriva desde una primera isla de probabilidad 702' hacia un mínimo local 702". Siempre y cuando las medidas permanezcan entre una primera isla de probabilidad 702' y una tercera isla de probabilidad 702"', es difícil valorar el estado del sistema y las derivas permanecen ocultas. Los modelos pueden ocultar más de la mitad de todos los tipos de derivas previstos puesto que cualquier deriva desde una isla hacia otra no se detecta hasta que ha pasado esta isla. Cuantas más islas estén presentes para detectar un sistema, más generalizado es este problema puesto que las islas obtienen más 'islas vecinas' en cuya dirección es difícil entender los datos de sensor que van a la deriva.

La figura 7C ilustra las transformaciones realizadas en la técnica para remediar la situación. Idealmente, esto produce una distribución de tipo "lomos de camello", donde el valor medio está en un mínimo local rodeado por dos máximos generales correspondientes a dos islas y donde van disminuyendo entonces las probabilidades por debajo del mínimo y por encima del máximo de estos máximos. Sin embargo, mientras estas transformaciones mejoran la utilidad de los datos de sensor, estas no interpretan los datos respecto a sistemas de múltiples fases de forma precisa y, por tanto, no son satisfactorios para valorar la calidad del sistema pese al trabajo que requieren.

Números de referencia

- 100 - Sistema de lubricación líquida
- 111 - Bomba apagada
- 112 - Sensor
- 113 - Filtro apagado
- 121 - Bomba en línea
- 122 - Filtro en línea
- 123 - Máquina
- 124 - Depósito de líquido
- 125 - Líquido de lubricación
- 200 - Modelo de sistema
- 201 - Modo pasivo

- 202 - Modo activo
- 202' - Modo ráfaga
- 310 - Modo de funcionamiento actual
- 311 - Primer cambio de modo de funcionamiento
- 5 311' - Segundo cambio de modo de funcionamiento
- 320 - Datos de estado líquido simulados
- 321 - Restos sustancialmente no ocasionados por el desgaste
- 322 - Restos ocasionados por el desgaste normal
- 322' - Restos ocasionados por el desgaste alto
- 10 401 - Datos de estado líquido monitorizados
- 402 - Datos de medición normalizados
- 403 - Valor medio
- 404 - Conjunto de datos distribuidos de manera significativamente normal
- 501 - Medición de sistemas
- 15 502 - Uso del modelo
- 503 - Normalización de medición
- 504 - Evaluación del estado del sistema
- 505 - Manejo de señales
- 512 - Datos de referencia del sistema
- 20 601 - Selección del modelo
- 602 - Primer modelo
- 602' - Segundo modelo
- 602^N - Modelo Nésimo
- 603 - Resolución de modelo
- 25 701 - Valor medio
- 702 - Distribución en función de la probabilidad
- 702' - Primera isla de probabilidad
- 702" - Mínimo local
- 702' - Segunda isla de probabilidad
- 30 702' - Tercera isla de probabilidad
- 703 - Distribución de la medición del parámetro transformado

REIVINDICACIONES

1. Método para la valoración del estado líquido en un sistema de lubricación líquida para un sistema de trabajo capaz de funcionar en, al menos, dos modos de funcionamiento diferentes, en el que dicha valoración del estado líquido comprende
 - medir los datos de estado líquido monitorizados (401),
- 5
 - determinar un modo de funcionamiento actual (310) de dicho sistema de trabajo,
 - basándose en dicho modo de funcionamiento actual (310), seleccionar un modelo matemático correspondiente (601, 601', ... 601^N) a partir de una lista de, al menos, dos modelos matemáticos,
 - modelar los datos de estado líquido simulados correspondientes (320) basándose en dicho modelo matemático,
- 10
 - valorar el estado líquido comparando los datos de estado líquido monitorizados (401) con dichos datos de estado líquido simulados (320) proporcionando, de ese modo, un conjunto de datos distribuidos de manera considerablemente normal para dicha valoración del estado líquido.
2. Método según la reivindicación 1, en el que dichos datos de estado líquido monitorizados (401) comprenden al menos lecturas de partículas de restos ocasionados por el desgaste.
- 15 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos de estado líquido monitorizados (401) comprenden al menos lecturas de degradación de líquido, lecturas de temperatura, lecturas de presión, lecturas de contenido de aire o lecturas de humedad.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho líquido (125) dentro de dicho sistema de lubricación es un producto de aceite.
- 20 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno de dichos al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprende dicho sistema de trabajo que está apagado (201) y donde otro de dichos al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprenden dicho sistema de trabajo que está encendido (202).
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprenden dicho sistema de trabajo que está encendido (202, 202').
- 25 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de lubricación líquida es para un sistema de trabajo en un buque.
8. Aparato para la valoración del estado líquido en un sistema de lubricación líquida para un sistema de trabajo capaz de funcionar en, al menos, dos modos de funcionamiento diferentes, en el que dicho aparato comprende
 - un primer medio de recepción adaptado para recibir datos de estado líquido monitorizados (401),
- 30
 - un segundo medio de recepción adaptado para recibir un modo de funcionamiento actual (310) de dicho sistema de trabajo,
 - medios de selección adaptados para seleccionar un modelo matemático (601, 601', ... 601^N) basándose en dicho modo de funcionamiento actual (310) a partir de una lista de al menos dos modelos matemáticos,
 - medios de simulación adaptados para modelar los datos de estado líquido simulados (320) basándose en dicho modelo matemático,
- 35
 - medios de valoración adaptados para valorar el estado líquido comparando los datos de estado líquido monitorizados (401) con dichos datos de estado líquido simulados (320) proporcionando, de ese modo, un conjunto de datos distribuidos de manera considerablemente normal para dicho estado líquido.
9. Aparato según la reivindicación 8, donde dicha primera unidad receptora es un sensor (112) adaptado para recopilar datos de estado líquido monitorizados (401).
- 40 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha unidad de sensor (112) se adapta para recopilar datos de estado líquido monitorizados (401) en una ubicación a lo largo de un sistema de filtración desconectado.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos de estado líquido monitorizados (401) comprenden al menos lecturas de partículas de restos ocasionados por el desgaste.
- 45 12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos de estado líquido monitorizados (401) comprenden al menos lecturas de degradación de líquido, lecturas de temperatura, lecturas de presión, lecturas de contenido de aire o lecturas de humedad.

13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho líquido (125) dentro de dicho sistema de lubricación es un producto de aceite.
14. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno de dichos al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprende dicho sistema de trabajo que está apagado (201) y donde otro de dichos al menos dos modos de funcionamiento diferentes comprende dicho sistema de trabajo que está encendido (202).
15. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho aparato se usa para valorar el sistema de lubricación líquida para un sistema de trabajo en un buque.

5

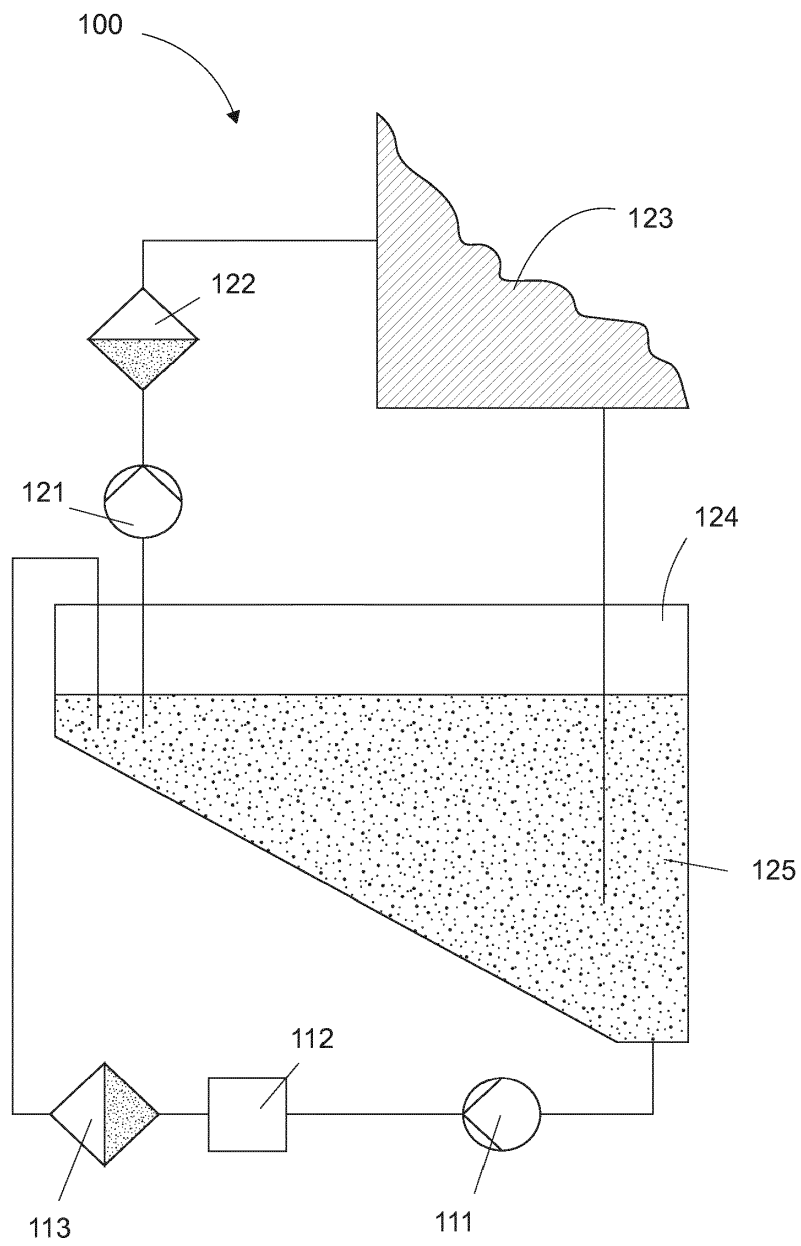


Fig. 1

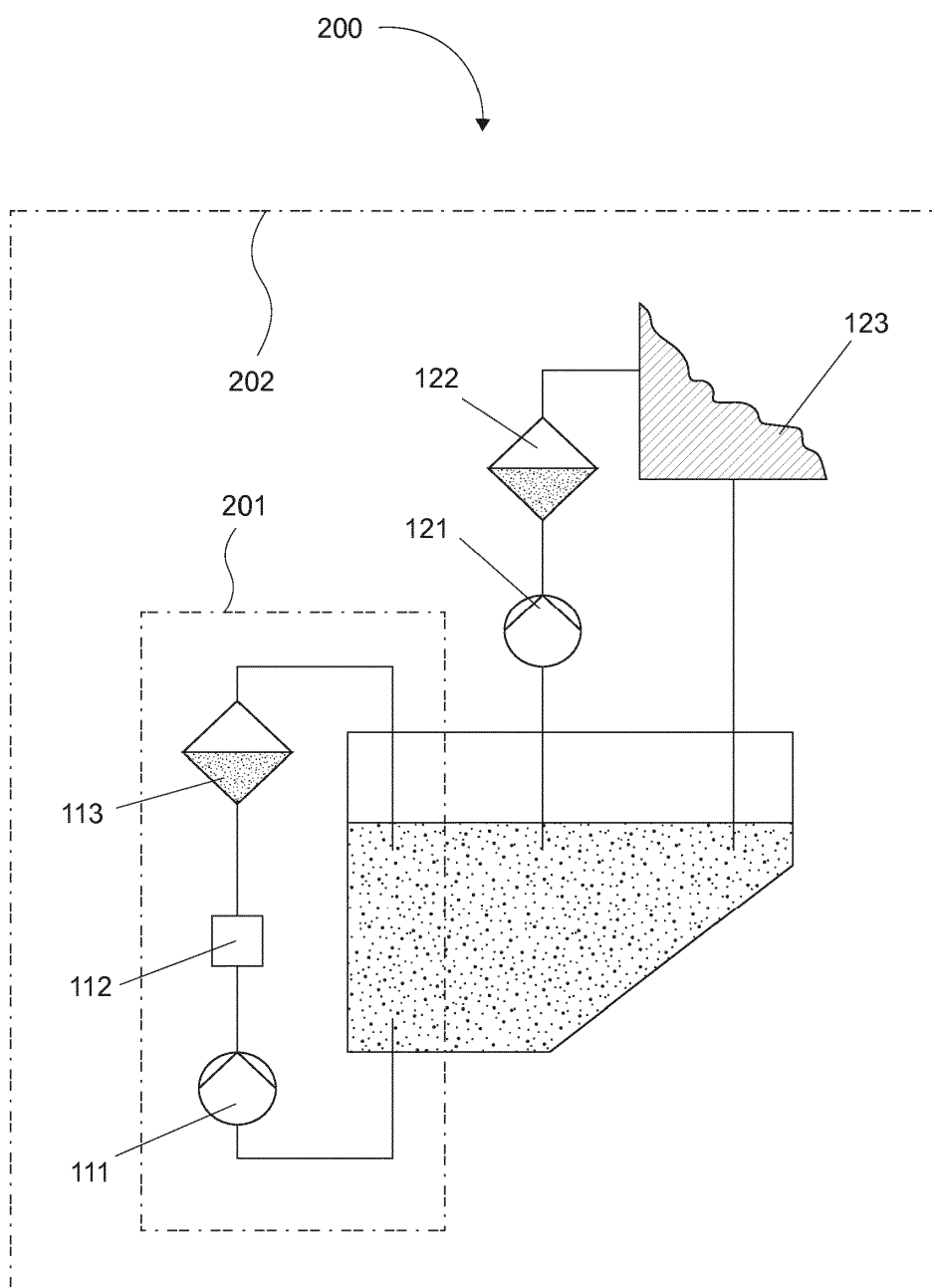


Fig. 2

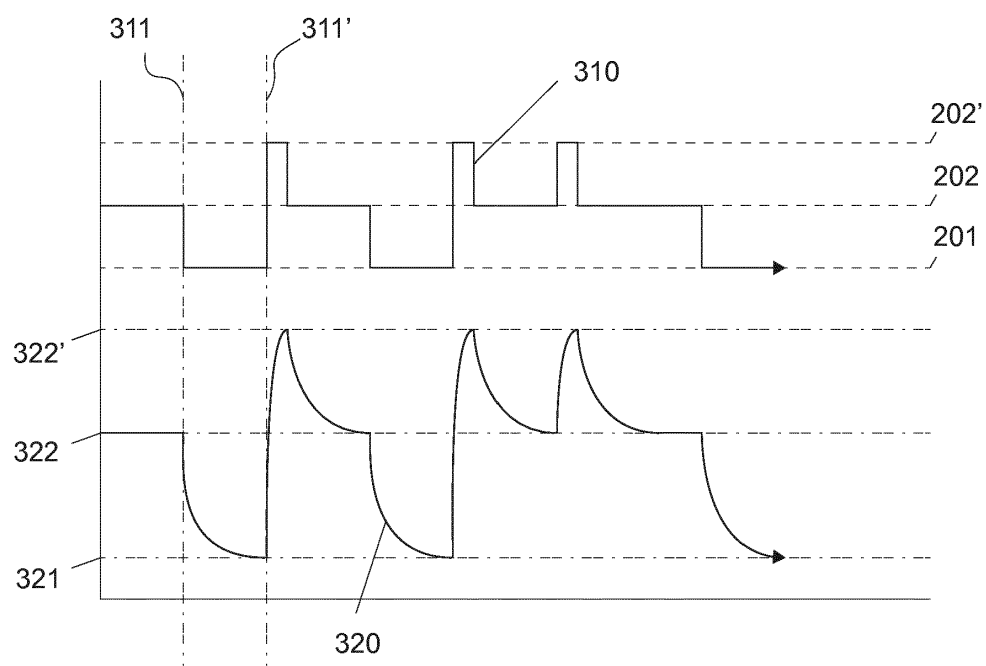


Fig. 3

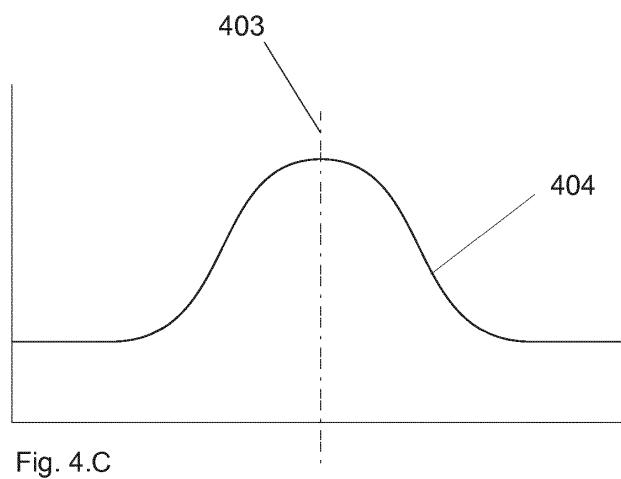
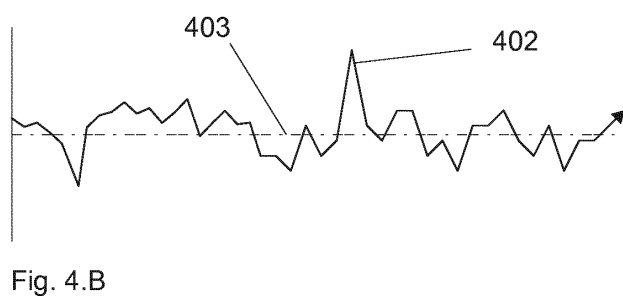
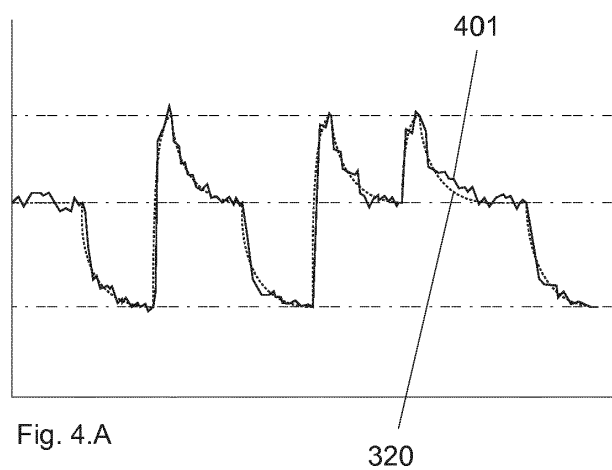


Fig. 4

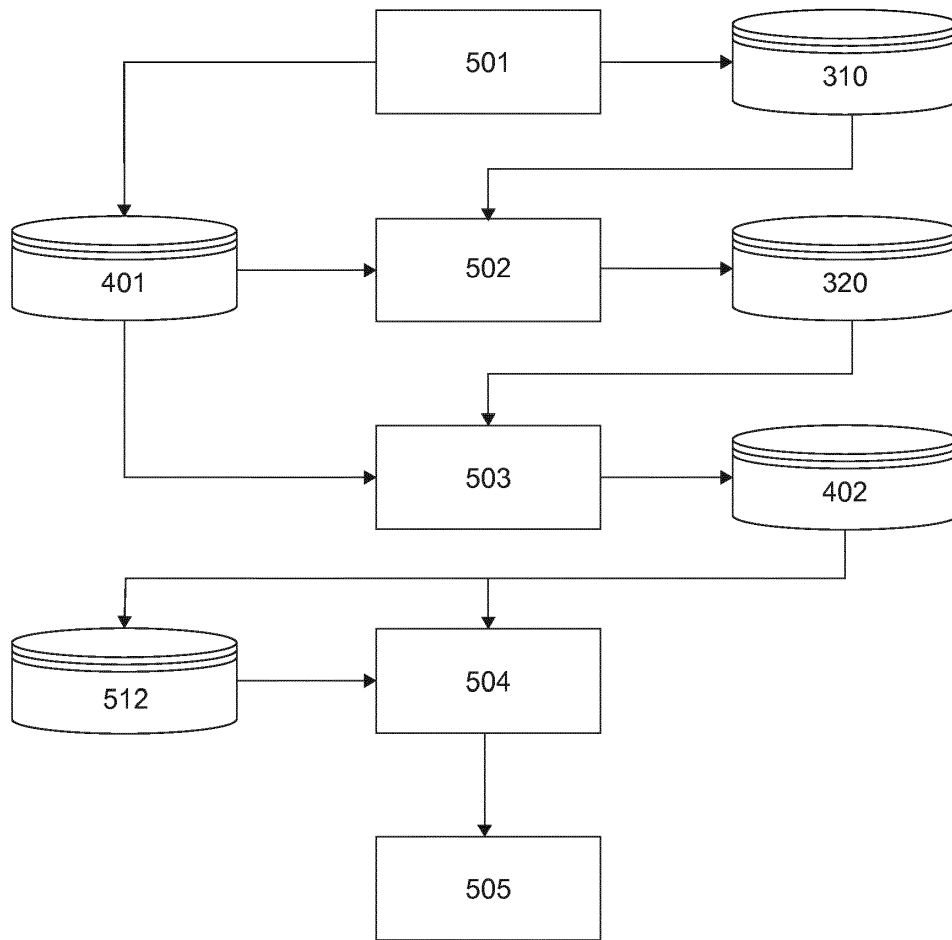


Fig. 5

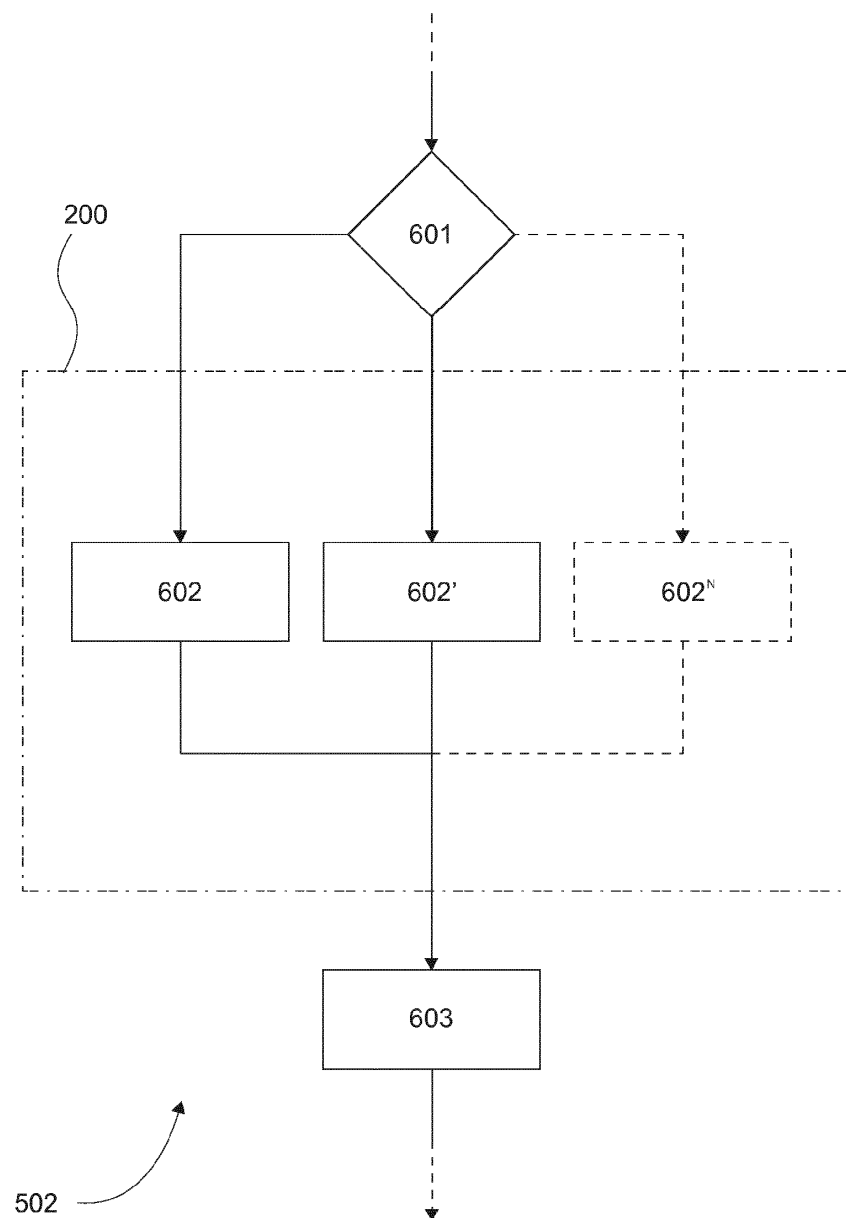


Fig. 6

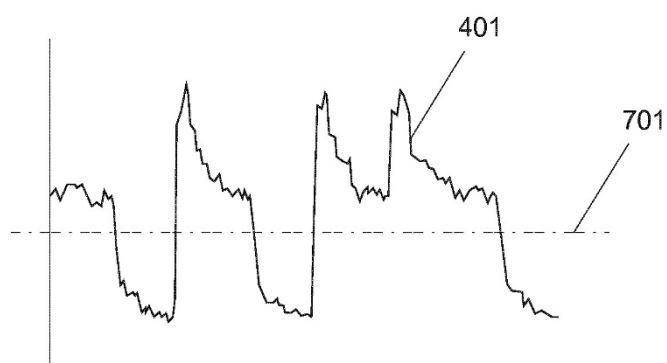


Fig. 7.A

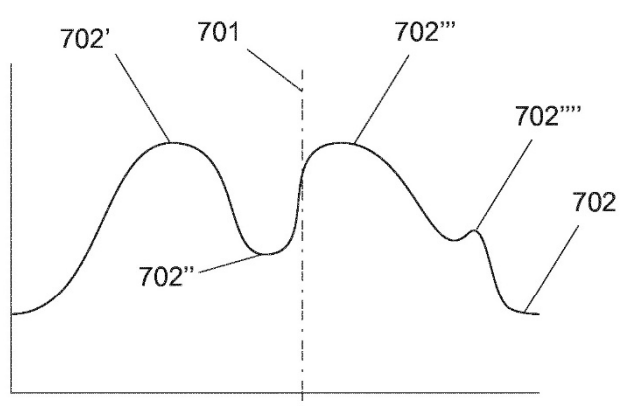


Fig. 7.B

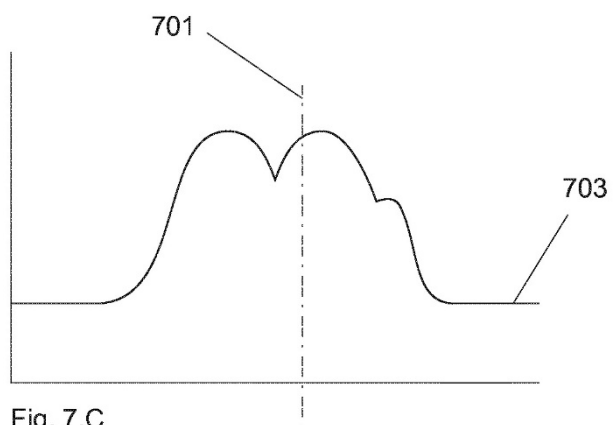


Fig. 7.C

Fig. 7 - técnica anterior